



La modélisation et la flexibilité du secteur énergétique

Exercice pratique 5 (EP_05)

Veuillez utiliser les citations suivantes au besoin:

- **Cet exercice pratique**

Cannone, Carla, Allington, Lucy, & Howells, Mark. (2021, March). Hands-on 5: Energy and Flexibility Modelling (Version 3.1.). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4609758>

- **Interface clicSAND**

Cannone, C., Allington, L., De Wet, N., Shivakumar, A., Goyns, P., Valderrama, C., Howells, M. (2021). clicSAND [computer software]. <http://doi.org/10.5281/zenodo.4593100>

- **Groupe de discussion Google concernant OSeMOSYS**

Veuillez vous inscrire au groupe d'aide Google [ici](#). Lors de difficultés au cours de votre apprentissage, n'hésitez pas à y poser vos questions. Vous pouvez aussi répondre aux questions de ce groupe si vous avez les connaissances pour le faire. Dans les deux cas veuillez indiquer que vous utilisez l'interface 'clicSAND'.

- **Vidéo informative “pas-à-pas” sur Youtube**

Un enregistrement vidéo de cet exercice est disponible sur la chaîne Youtube du CCG au lien suivant: [EP_05](#).

Résultats attendus des apprentissages

À la fin de cet exercice, vous devriez être en mesure de:

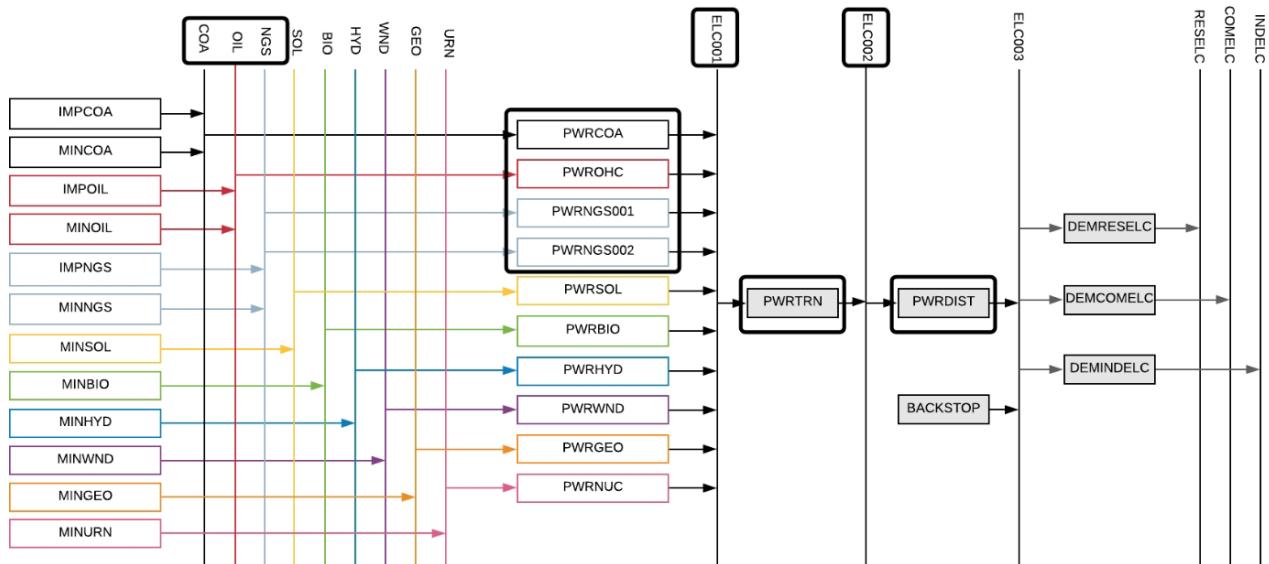
1. créer une centrale thermique existante qui utilise une forme d'énergie primaire pour produire la forme d'énergie non-primaire qu'est l'électricité;
2. créer le réseau de transport existant;
3. créer le réseau de distribution existant;

- exécuter un modèle et vérifier les résultats concernant la capacité et la production de chaque technologie.

Créer une centrale thermique existante qui utilise une forme d'énergie primaire pour produire la forme d'énergie non-primaire qu'est l'électricité

Le Cours 6 vous a permis de créer une technologie dans OSeMOSYS et de connaître les paramètres qui caractérisent les centrales thermiques ainsi que les réseaux de transport et de distribution de l'électricité.

Nous ajoutons maintenant 6 technologies: 4 centrales thermiques, 1 représentant le réseau de transport et 1 représentant le réseau de distribution. Deux formes d'énergie non-primaire seront créées: **ELC001** (électricité qui provient directement des technologies de production d'électricité) et **ELC002** (électricité disponible à la suite de son passage via le réseau de transport). La forme d'énergie non-primaire **ELC003**, créée lors d'un exercice précédent représente quant à elle la quantité d'électricité disponible à la sortie du réseau de distribution.





Afin de représenter une centrale thermique, il faut identifier la valeur des paramètres suivants:

- **InputActivityRatio:** définit le taux de la forme d'énergie primaire utilisée (par exemple le charbon);
- **OutputActivityRatio:** définit le taux auquel la forme d'énergie non-primaire est produite (par exemple l'électricité);
- **CapacityToActivitéUnit:** sert à convertir une capacité en activité qu'elle peut générer. Pour les technologies d'offre d'énergie primaire, cette valeur est égale à 1.
- **CapitalCost:** définit le coût d'investissement (\$/kW);
- **FixedCost:** définit le coût fixe d'exploitation et d'entretien (\$/kW);
- **VariableCost:** définit le coût variable de production (\$/kW);
- **OperationalLife:** définit la durée de vie (années);
- **ResidualCapacity:** définit la capacité existante et son déclassement prévu (GW);
- **CapacityFactor:** représente la variabilité de la capacité de production pour chaque tranche de temps.

À votre tour: Ajoutons la technologie **PWRCOA** qui représente une centrale thermique au charbon.

1. Dans la cellule **B10** de la feuille de calcul **SETS**, changez le nom **TEC007** par **PWRCOA** en spécifiant, par exemple, la description « Centrale Thermique au charbon » dans la cellule **C10**. Nous avons ainsi ajouté une centrale thermique qui transforme le charbon (**COA**) en électricité.
2. Ajoutons maintenant la forme d'énergie non-primaire « **ELC001: Électricité produite par les centrales électriques** » dans la cellule **C7**.
3. Ensuite, allez à la feuille de calcul **Parameters** et filtrez la colonne **C** pour la technologie **PWRCOA**.
4. Ajoutons maintenant les données liées à **PWRCOA** tel que présenté ci-dessous ainsi que dans le fichier **DataPrep_HO4** (ou **Prép_Données_EP_04** en français).
 - a. **InputActivityRatio:** Sélectionnez la ligne 21514 qui correspond à la forme d'énergie primaire **COA** et ajoutez les données de 2015 à 2070.

1	Parameter	TECHNOLOGY	FUEL	variables	2015	2016	2017	2018	2019	2020
21513	InputActivityRatio	PWRCOA	ELC003		0	0	0	0	0	0
21514	InputActivityRatio	PWRCOA	COA		2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
21515	InputActivityRatio	PWRCOA	OIL		0	0	0	0	0	0

- b. **OutputActivityRatio:** Sélectionnez la ligne 31676 qui correspond à la forme d'énergie non-primaire **ELC001** et ajoutez la valeur 1 de 2015 à 2070.

1	Parameter	TECHNOLOGY	FUEL	Time independent variable	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
31672	OutputActivityRatio	PWRCOA	ELC003		0	0	0	0	0	0	0	0	0
31673	OutputActivityRatio	PWRCOA	COA		0	0	0	0	0	0	0	0	0
31674	OutputActivityRatio	PWRCOA	OIL		0	0	0	0	0	0	0	0	0
31675	OutputActivityRatio	PWRCOA	NGS		0	0	0	0	0	0	0	0	0
31676	OutputActivityRatio	PWRCOA	ELC001		1	1	1	1	1	1	1	1	1
31677	OutputActivityRatio	PWRCOA	COM006		0	0	0	0	0	0	0	0	0



- c. **CapacityToActivityUnit, CapitalCost et FixedCost:** Pour **PWRCOA**, ces paramètres se trouvent aux lignes 19571, 19770 et 20971.

1	Parameter	TECHNO	FUEL	Time independent variable	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	
19571	CapacityToActivityUnit	PWRCOA			31.356									
19770	CapitalCost	PWRCOA				2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
20971	FixedCost	PWRCOA				78	78	78	78	78	78	78	78	78

- d. **OperationalLife:**

21560	InputActivityRatio	PWRCOA	COM048		0	0
21561	InputActivityRatio	PWRCOA	COM049		0	0
21562	InputActivityRatio	PWRCOA	COM050		0	0
31130	OperationalLife	PWRCOA		35		
31672	OutputActivityRatio	PWRCOA	ELC003		0	0
31673	OutputActivityRatio	PWRCOA	COA		0	0
31674	OutputActivityRatio	PWRCOA	OIL		0	0
31675	OutputActivityRatio	PWRCOA	NGS		0	0
31676	OutputActivityRatio	PWRCOA	ELC001		1	1

- e. **ResidualCapacity:** Il s'agit de la capacité existante de la technologie (en GW) ainsi que de son déclassement prévu.
- f. **CapacityFactor:** Ce paramètre représente la variabilité de la production pour chaque tranche de temps. Il faut définir les valeurs de ce paramètre pour chacune des années du modèle (ici de 2015 à 2070). Vous pouvez copier-coller les données disponibles dans le fichier de données **DataPrep_H05** (ou **Prép_Données_EP_05 en français**). Il suffit d'utiliser les données des cellules **J48 à J143** pour l'année 2015 et d'ensuite copier-coller les autres valeurs pour toutes les années jusqu'à la **colonne BM** qui correspond à l'année 2070.



1	Parameter	TECHNOLOGY	TIMESLICE	2015	2016	2
69	AvailabilityFactor	PWRCOA		1	1	
70	AvailabilityFactor	PWROHC		1	1	
71	AvailabilityFactor	PWRNGS001		1	1	
72	AvailabilityFactor	PWRNGS002		1	1	
73	AvailabilityFactor	PWRTRN		1	1	
74	AvailabilityFactor	PWRDIST		1	1	
933	CapacityFactor	PWRCOA	S101	0.85	0.85	
934	CapacityFactor	PWRCOA	S102	0.85	0.85	
935	CapacityFactor	PWRCOA	S103	0.85	0.85	
936	CapacityFactor	PWRCOA	S104	0.85	0.85	
937	CapacityFactor	PWRCOA	S105	0.85	0.85	
938	CapacityFactor	PWRCOA	S106	0.85	0.85	
939	CapacityFactor	PWRCOA	S107	0.85	0.85	
940	CapacityFactor	PWRCOA	S108	0.85	0.85	
941	CapacityFactor	PWRCOA	S109	0.85	0.85	
942	CapacityFactor	PWRCOA	S110	0.85	0.85	
943	CapacityFactor	PWRCOA	S111	0.85	0.85	
944	CapacityFactor	PWRCOA	S112	0.85	0.85	
945	CapacityFactor	PWRCOA	S113	0.85	0.85	
946	CapacityFactor	PWRCOA	S114	0.85	0.85	
947	CapacityFactor	PWRCOA	S115	0.85	0.85	
948	CapacityFactor	PWRCOA	S116	0.85	0.85	
949	CapacityFactor	PWRCOA	S117	0.85	0.85	
950	CapacityFactor	PWRCOA	S118	0.85	0.85	
951	CapacityFactor	PWRCOA	S119	0.85	0.85	
952	CapacityFactor	PWRCOA	S120	0.85	0.85	
953	CapacityFactor	PWRCOA	S121	0.85	0.85	
954	CapacityFactor	PWRCOA	S122	0.85	0.85	
955	CapacityFactor	PWRCOA	S123	0.85	0.85	
956	CapacityFactor	PWRCOA	S124	0.85	0.85	
957	CapacityFactor	PWRCOA	S201	0.85	0.85	
958	CapacityFactor	PWRCOA	S202	0.85	0.85	
959	CapacityFactor	PWRCOA	S203	0.85	0.85	
960	CapacityFactor	PWRCOA	S204	0.85	0.85	
961	CapacityFactor	PWRCOA	S205	0.85	0.85	
962	CapacityFactor	PWRCOA	S206	0.85	0.85	
963	CapacityFactor	PWRCOA	S207	0.85	0.85	
964	CapacityFactor	PWRCOA	S208	0.85	0.85	
965	CapacityFactor	PWRCOA	S209	0.85	0.85	
966	CapacityFactor	PWRCOA	S210	0.85	0.85	
967	CapacityFactor	PWRCOA	S211	0.85	0.85	
968	CapacityFactor	PWRCOA	S212	0.85	0.85	
969	CapacityFactor	PWRCOA	S213	0.85	0.85	
970	CapacityFactor	PWRCOA	S214	0.85	0.85	
971	CapacityFactor	PWRCOA	S215	0.85	0.85	

Pour le cas particulier de cet exercice, nous supposons que la capacité résiduelle (**ResidualCapacity**) de la technologie **PWRCOA** est nulle. Ceci signifie qu'il n'existe pas de centrale thermique au charbon en 2015 pour la région modélisée.

Attention: Ce n'est pas le cas pour la technologie **PWROHC** représentant une centrale thermique à l'huile. Vous devrez donc vous assurer d'ajouter la paramètre **ResidualCapacity** lorsque vous créerez cette technologie.

Vous pouvez maintenant répéter les étapes précédentes pour les technologies suivantes (en utilisant à nouveau le fichier de données approprié pour l'exercice pratique 5):

- 1) PWROHC: Centrale thermique à l'huile;
- 2) PWRNGS001: Centrale thermique au gaz naturel à cycle combiné (CCGT);
- 3) PWRNGS002: Centrale thermique au gaz naturel à cycle simple (SCGT).

Vous venez de créer quatre centrales thermiques (**PWRCOA**, **PWROHC**, **PWRNGS001** et **PWRNGS002**) ainsi que la forme d'énergie non-primaire **ELC001** (électricité produites par les centrales électriques).



Créer le réseau de transport existant

Nous allons à nouveau répéter les étapes précédentes pour créer une technologie qui représente le **réseau de transport** que nous appellerons **PWRTRN**. Pour créer une telle technologie, les paramètres suivants sont nécessaires:

- **InputActivityRatio:** définit le taux de la forme d'énergie non-primaire utilisée: l'électricité provenant des centrales électriques;
- **OutputActivityRatio:** définit le taux auquel la forme d'énergie non-primaire est produite: l'électricité qui est dirigé au réseau de distribution;
- **CapacityToActivitéUnit:** sert à convertir une capacité en activité qu'elle peut générer. Pour les technologies d'offre d'énergie primaire, cette valeur est égale à 1.
- **CapitalCost:** définit le coût d'investissement (\$/kW);
- **FixedCost:** définit le coût fixe d'exploitation et d'entretien (\$/kW);
- **VariableCost:** définit le coût variable de production (\$/kW);
- **OperationalLife:** définit la durée de vie (années);
- **ResidualCapacity:** définit la capacité existante et son déclassement prévu (GW);

À votre tour: Ajoutons la technologie **PWRTRN** au modèle.

1. Dans la cellule **B14** de la feuille de calcul **SETS**, changez le nom **TEC011** par **PWRTRN**. De cette façon, on ajoute une technologie qui accepte l'électricité **ELC001** produites par des centrales électriques et la transforme en électricité **ELC002** qui représente l'électricité qui arrive au réseau de distribution. Ce transport d'électricité tient compte de la perte d'énergie due à ce transport.
2. Il faut donc ajouter, dans la cellule **E8**, la forme d'énergie **ELC002 (Électricité après le transport)**.
3. Allez ensuite dans la feuille de calcul **Parameters** et filtrer **PWRTRN** de la colonne **C**.
4. Ajoutez les données pour **PWRTRN** en utilisant les données du fichier **DataPrep_H05** (ou **Prép_Données_EP_05**).
 - a) **InputActivityRatio:** Sélectionnez la ligne 21567 correspondant à **ELC001** et entrez les données de 2015 à 2070.

21563	InputActivityRatio	PWRTRN	ELC003	0	0	0	0
21564	InputActivityRatio	PWRTRN	COA	0	0	0	0
21565	InputActivityRatio	PWRTRN	OIL	0	0	0	0
21566	InputActivityRatio	PWRTRN	NGS	0	0	0	0
21567	InputActivityRatio	PWRTRN	ELC001	105	105	105	105
21568	InputActivityRatio	PWRTRN	ELC002	0	0	0	0
21569	InputActivityRatio	PWRTRN	COM007	0	0	0	0
21570	InputActivityRatio	PWRTRN	COM008	0	0	0	0



b) **OutputActivityRatio:** Allez à la ligne 31727.

	OutputActivityRatio	PWRTRN	NGS	0	0	0	0
31726	OutputActivityRatio	PWRTRN	ELC001	0	0	0	0
31727	OutputActivityRatio	PWRTRN	ELC002	1	1	1	1
31728	OutputActivityRatio	PWRTRN	COM007	0	0	0	0
31729	OutputActivityRatio	PWRTRN	COM008	0	0	0	0
31730	OutputActivityRatio	PWRTRN	COMM009	0	0	0	0

c) **CapacityToActivityUnit, CapitalCost** et **FixedCost** sont respectivement dans les lignes 19572, 19771 et 20972. Les coûts fixes de transport sont supposés nuls.

19572	CapacityOfOneTechnologyUnit	PWRTRN		31.356	0	0	0	0	0
19771	CapacityToActivityUnit	PWRTRN			365	365	365	365	365
20004	CapitalCost	PWRTRN	EMIC02	0	0	0	0	0	0
20005	EmissionActivityRatio	PWRTRN	EMICH4	0	0	0	0	0	0
20006	EmissionActivityRatio	PWRTRN	EMIFGA	0	0	0	0	0	0
20007	EmissionActivityRatio	PWRTRN	EMIN20	0	0	0	0	0	0
20008	EmissionActivityRatio	PWRTRN	EMIREN	0	0	0	0	0	0
20972	FixedCost	PWRTRN		0	0	0	0	0	0

d) **OperationalLife:** Allez à la ligne 31131.

21611	InputActivityRatio	PWRTRN	COM049	0	0
21612	InputActivityRatio	PWRTRN	COM050	0	0
31131	OperationalLife	PWRTRN		50	
31722	OutputActivityRatio	PWRTRN	ELC003	0	0
31723	OutputActivityRatio	PWRTRN	COA	0	0

e. **ResidualCapacity:** Il s'agit de la capacité existante de la technologie (en GW) ainsi que de son déclassement prévu.

Créer le réseau de distribution existant

De façon similaire à la création du réseau de transport existant, nous allons compléter les ajouts au modèle de cet exercice pratique en créant une nouvelle technologie qui représente le réseau de distribution que nous appellerons **PWRDIST**.

À votre tour: Ajoutons la technologie **PWRTRN** au modèle.

1. Dans la cellule **B15** de la feuille de calcul **SETS**, changez le nom **TEC012** par **PWRDIST**. De cette façon, on ajoute une technologie qui accepte l'électricité **ELC002** venant du réseau de transport et qui la transforme en électricité **ELC003** qui représente l'électricité qui arrive au consommateurs. Cette distribution d'électricité tient compte de la perte d'énergie due à cette distribution.
2. Nous n'avons pas à créer la forme d'énergie non-primaire **ELC003** puisque cela a déjà été fait (voir cellule **E1**).
3. Allez ensuite dans la feuille de calcul **Parameters** et filtrer **PWRDIST** de la colonne **C**.
4. Ajoutez les données pour **PWRDIST** en utilisant les données du fichier **DataPrep_H05** (ou **Prép_Données_EP_05**).



a) **InputActivityRatio:** Sélectionnez la ligne 21618 correspondant à **ELC002** et entrez les données de 2015 à 2070.

21614	InputActivityRatio	PWRDIST	COM	0	0	0	0
21615	InputActivityRatio	PWRDIST	OIL	0	0	0	0
21616	InputActivityRatio	PWRDIST	NGS	0	0	0	0
21617	InputActivityRatio	PWRDIST	ELC001	0	0	0	0
21618	InputActivityRatio	PWRDIST	ELC002	1.17	1.16733	1.16467	1.162
21619	InputActivityRatio	PWRDIST	COM007	0	0	0	0
21620	InputActivityRatio	PWRDIST	COM008	0	0	0	0
21621	InputActivityRatio	PWRDIST	COM009	0	0	0	0

b) **OutputActivityRatio:** Allez à la ligne 31772.

31771	OutputActivityRatio	PWRDIST	COM050	0	0	0	0
31772	OutputActivityRatio	PWRDIST	ELC003	1	1	1	1
31773	OutputActivityRatio	PWRDIST	COA	0	0	0	0
31774	OutputActivityRatio	PWRDIST	OIL	0	0	0	0
31775	OutputActivityRatio	PWRDIST	NGS	0	0	0	0

c) **CapacityToActivityUnit, CapitalCost** et **FixedCost** sont respectivement dans les lignes 19573, 19772 et 20973. Les coûts fixes de transport sont supposés nuls.

1220	CapacityFactor	PWRDIST		1	1	1	1
19374	CapacityOfOneTechnologyUnit	PWRDIST		0	0	0	0
19573	CapacityToActivityUnit	PWRDIST		31.536			
19772	CapitalCost	PWRDIST		2502	2502	2502	2502
20009	EmissionActivityRatio	PWRDIST	EMIC02	0	0	0	0
20010	EmissionActivityRatio	PWRDIST	EMICH4	0	0	0	0
20011	EmissionActivityRatio	PWRDIST	EMIFGA	0	0	0	0
20012	EmissionActivityRatio	PWRDIST	EMIN20	0	0	0	0
20013	EmissionActivityRatio	PWRDIST	EMIREN	0	0	0	0
20973	FixedCost	PWRDIST		0	0	0	0

d) **OperationalLife:** Allez à la ligne 31132.

21661	InputActivityRatio	PWRDIST	COM049	0			
21662	InputActivityRatio	PWRDIST	COM050	0			
31132	OperationalLife	PWRDIST		70			
31772	OutputActivityRatio	PWRDIST	ELC003	1			
31773	OutputActivityRatio	PWRDIST	COA	0			
31774	OutputActivityRatio	PWRDIST	OIL	0			

e. **ResidualCapacity:** Il s'agit de la capacité existante de la technologie (en GW) ainsi que de son déclassement prévu.



Exécuter le modèle et obtenir les résultats concernant la production d'électricité de chaque technologie

Voici le graphique qui présente la « Production annuelle d'électricité (PJ) » que vous devriez obtenir à la fin de cet exercice. Les résultats se trouvent dans le fichier de résultats appelé « Results_Template_H05 ». Vous devriez obtenir de fichier de résultat en exécutant le modèle en suivant la démarche présentée à l'**Exercice pratique 3**.

